

Meyniana	42	Seite 123–151	4 Abb., 6 Taf.	Kiel, (Sept.) 1990
----------	----	---------------	----------------	--------------------

Sedimentologische Auswirkungen der Grundfischerei in der Kieler Bucht (Westliche Ostsee)

WERNER, FRIEDRICH; HOFFMANN, GERD; BERNHARD, MICHAEL;
MILKERT, DORIS; VIKGREN, KLAS

WERNER, FRIEDRICH; HOFFMANN, GERD; BERNHARD, MICHAEL; MILKERT, DORIS; VIKGREN, KLAS, 1990: Sedimentologische Auswirkungen der Grundfischerei in der Kieler Bucht (Westliche Ostsee). (Sedimentological effects of trawl fishery in Kiel Bay (Western Baltic)) - Meyniana 42: 123–151, 4 Abb., 6 Taf., Kiel.

Sedimentological effects of trawl fishery are little investigated compared to the biological effects. The objectives for the present investigation concern the mechanical disturbance of the sediments and the reworking induced by the ploughing effect of the trawl-net otter boards. For investigation of the distribution of trawl-net tracks on the sediment surface and their morphological analysis high-resolving side-scan sonar and video instruments (ROV) were used, occasionally supported by scuba divers. Manifold mechanical effects on the sediments observed up to 23 cm sediment depth were studied on X-ray graphs from video-controlled box core sampling. The reworking of sediments is due to the suspension cloud during trawling as well as to erosion which acts preferedly at small-scale topography formed by the ploughing effect of the otter boards. Oblique action of the otter boards and their frequently jumping motion reduce the surface disturbed by trawling.

Dr. F. WERNER, Dr. G. HOFFMANN, Dipl.-Geol. M. BERNHARD und Dipl.-Geol. D. Milkert, Geol.-Paläont. Institut und Museum der Universität, Olshausenstr. 40, D-2300 Kiel. - Lic. Tekn. K. VIKGREN, Chalmers Technical University Göteborg, Schweden, z. Zt. GEOMAR-Forschungszentrum, Wischhofstr. 1-3, D-2300 Kiel 14.

Kurzfassung

Sedimentologische Auswirkungen der Grundfischerei sind bisher im Vergleich zu biologischen Effekten wenig untersucht. Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit setzt hauptsächlich an den mechanischen Störungen und den Konsequenzen für die Sedimentumlagerung durch den Einfluß der Grundfischerei, vor allem durch die Pflugwirkung der Scherbretter, im Gebiet der Kieler Bucht an.

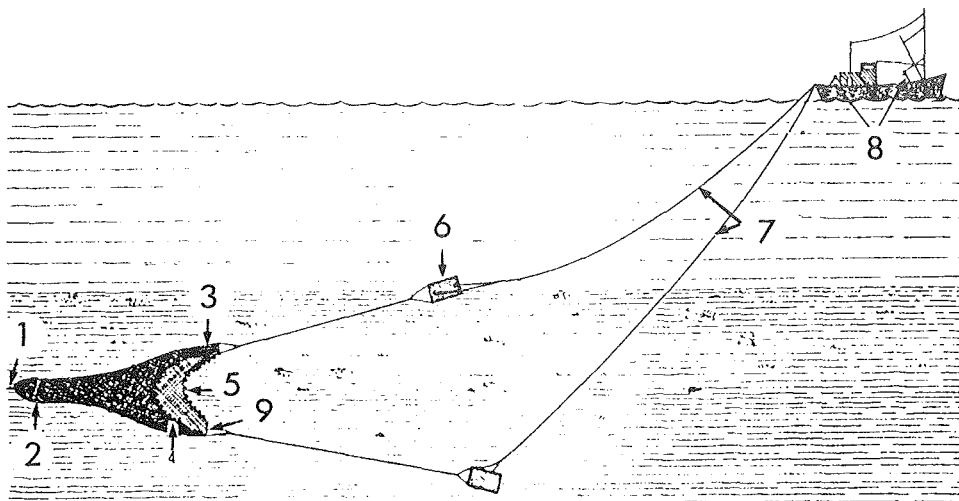
Die Verbreitung der Grundfischereispuren am Meeresboden wurde mit Hilfe eines hochauflösenden Seitensichtsonars untersucht, für die morphologische Analyse wurden zusätzlich Video- und Tauchbeobachtungen eingesetzt. Die mechanischen Störeffekte wurden an Röntgen-Radiographien untersucht. Die an Radiographien von video-gesteuerten Kastengreiferproben beobachtete Tiefenwirkung der mechanischen Störungen des Sedimentgefüges - Faltungs- und Wickelgefüge, Zerschörungen sowie Laminierung durch Pflugsohleneffekte werden beschrieben - beträgt bis zu 23 cm. Umlagerung erfolgt über die beim Grundfischen erzeugte Suspensionswolke sowie über

Erosion, die an den durch die Scherbretter entstandenen Unebenheiten bevorzugt ansetzt. Die Verbreitung der Suspensionswolke erfolgt deshalb mehr lokal, während das erodierte Material durch episodische Bodenströmungen weiter verfrachtet wird.

Eine beträchtliche Reduktion der Flächenwirkung der Scherbretter auf Schlickböden erfolgt dadurch, daß diese zum weitaus überwiegenden Teil nur schräg "über Eck" den Grund berühren oder, durch elastische Reaktion des Geschirrs auf den Sedimentwiderstand bedingt, sich hüpfend fortbewegen.

1 Einleitung

In den Schelf- und Nebenmeeren finden über weite Flächen Grundfischerei-Aktivitäten statt, die den Meeresboden durch das Fanggeschirr direkt mechanisch beeinflussen. Dies hat zur Folge, daß dort die natürliche Sedimentation gestört abläuft. Während sich der Meeresboden aber in Gebieten mit ständiger Umlagerung sedimentologisch relativ rasch regeneriert, wird in Gebieten mit ruhigen Ablagerungsbedingungen der oberste Teil des Sedimentprofils irreversibel verändert. Zu diesen Gebieten zählen die tieferen Teile der Kieler Bucht, in denen Schlicksedimentation vorherrscht. Zwar ist die Grundfischerei flächenmäßig nicht gleichmäßig intensiv und zeigte in den vergangenen Jahren eine abnehmende Tendenz, erreicht aber auch heute noch eine so hohe Intensität, daß der Meeresboden in manchen Gebieten mehrfach im Jahr umgepflügt wird (KROST et al., 1990).



1 Codleine 2 Steert 3 Flügel 4 Grundseil mit Kugeln 5 Kopfseil mit Schwimmern 6 Scherbretter 7 Kurrleinen 8 Galgen 9 Knüppel

Abb. 1: Grundschleppnetz mit Scherbrettern in Aktion (aus TAIT, 1981, mit frdl. Genehm. Thieme-Verl., Stuttgart).

Die Technik der Grund- oder Schleppnetzfisherei ist seit dem 13. Jahrhundert aus Großbritannien bekannt (de GROOT, 1984), aber erst seit dem 19. Jahrhundert werden Netze mit Scherbrettern eingesetzt (Abb. 1). In der Ostsee setzte sich diese verbesserte Fangtechnik erst nach dem ersten Weltkrieg durch. Die Fangtechnik im einzelnen und entsprechend die verwendeten Geschirre sind variabel. Bei der in der Kieler Bucht meist üblichen "kleinen Kutterfisherei" sind die Scherbretter, die das Netz offen halten und gleichzeitig nach unten drücken, diejenigen Teile des Fanggeschirrs, welche aufgrund ihrer pflügenden Wirkung den größten mechanischen Einfluß auf den Meeresboden ausüben. Eine Resuspension des Sediments erfolgt sowohl durch die beiden Scherbretter wie durch das Schleppnetz.

Andere Teile mit Grundberührung sind die Roller bzw. Kugeln, die beim Fischen über steinigem Grund der Grundleine das "Überrollen" kleinerer Hindernisse am Meeresboden ermöglichen bzw. das Netz offenhalten, sowie die Grundleine und das Netz selbst (Abb. 1).

Folgende Einflüsse der Grundfisherei sind von Bedeutung:

1) Direkte Beeinflussung der Bodenfauna (vorwiegend destruktiv). Hierzu liegen seit geraumer Zeit eingehende Untersuchungen vor, da hierunter vor allem die fischereibiologischen Aspekte selbst fallen (GRAHAM, 1955; ARNTZ & WEBER, 1970; CADDY, 1973; de GROOT, 1984, sowie dort zitierte, unveröffentlichte ICES-Berichte).

2) Remobilisierung von Nährstoffen erfolgt einerseits direkt als Fischnahrung durch Auswerfen der Endofauna an die Oberfläche, andererseits durch Rückführung feinverteilter partikulärer oder gelöster organischer Substanz ins Bodenwasser (FLODERUS, 1989; KROST et al., 1990).

3) Resuspension von Sediment.

4) Störung des Sedimentprofils - zunächst als Störung der natürlichen stratigraphischen Dokumentation von Sedimentationsereignissen über ein Zeitintervall, das der Umlagerungstiefe entspricht. Im besonderen ist hierbei an die Störung der chemischen Konzentrationsprofile zu denken, wie sie zur Untersuchung frühdiagenetischer Prozesse und zur Beurteilung der Verteilung anthropogener Schadstoffe gemessen werden.

5) Durch die bei der Grundfisherei entstehenden Vertiefungen in Form von Scherbrettspuren kann es zu Materialsortierung kommen. Über den Boden triftende Partikel können sich in diesen Sedimentfallen sammeln.

6) Die von den Fischereigeschirren erzeugten Spuren können durch ihre relative Erhaltungsdauer in Gebieten hydrodynamisch verschiedenen Regimes als Anzeichen für die Sedimentdynamik verwendet werden (WERNER et al., 1976).

Im Gegensatz zu den biologischen Aspekten der Grundfishereieffekte sind die aufgeführten geologisch-sedimentologischen (Punkte 3 bis 6) bisher kaum

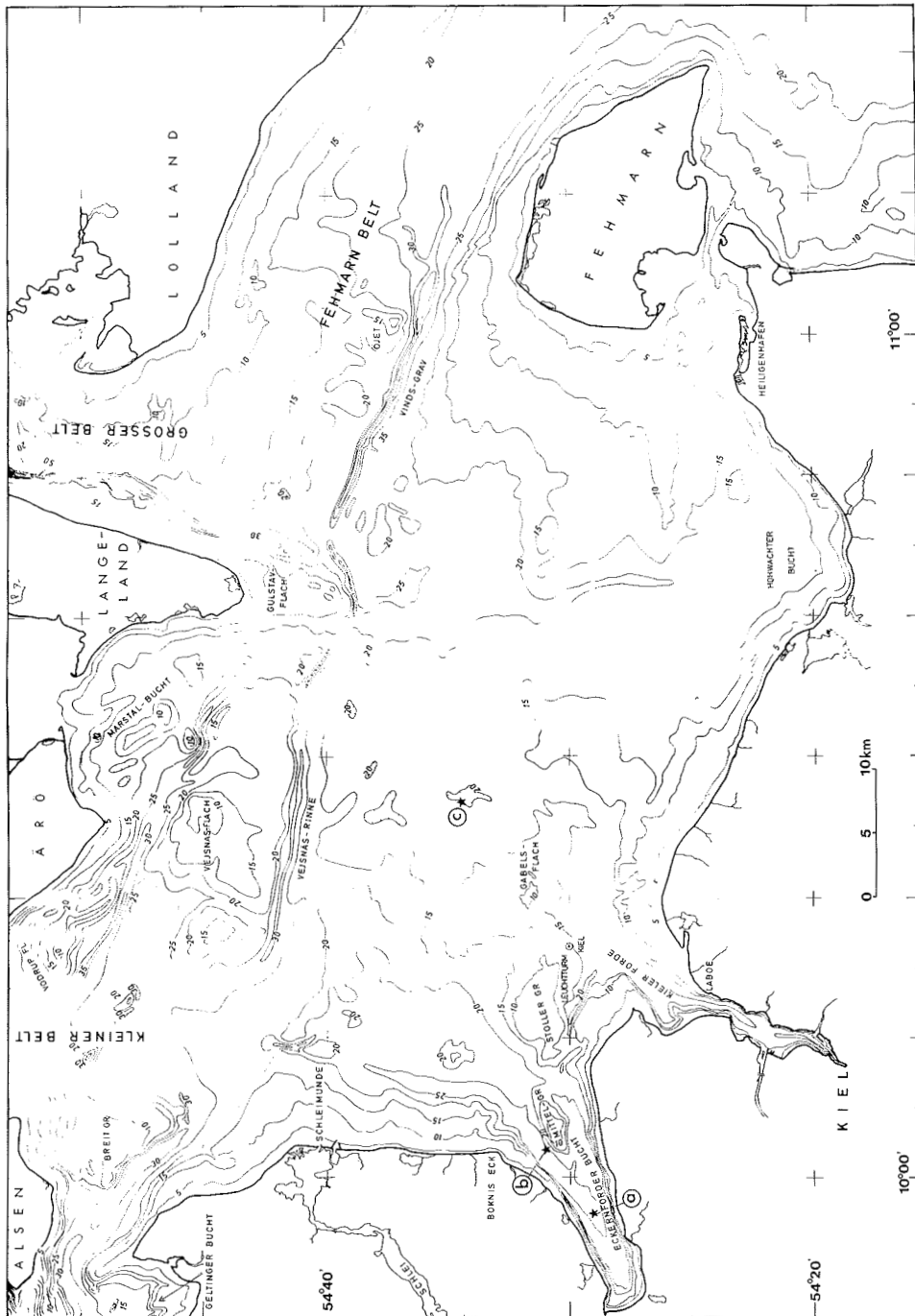


Abb. 2: Bathymetrie der Kieler Bucht mit Lage der im Experiment erzeugten Scherbrettspur (a), des dicht befischten Gebietes (b) mit Kastengreiferbeprobung und sonographischen Aufnahmen (Taf. 2 b u. 3), sowie der Position der Sonographie (Taf. 2a) nördlich Gabelsflach (c).

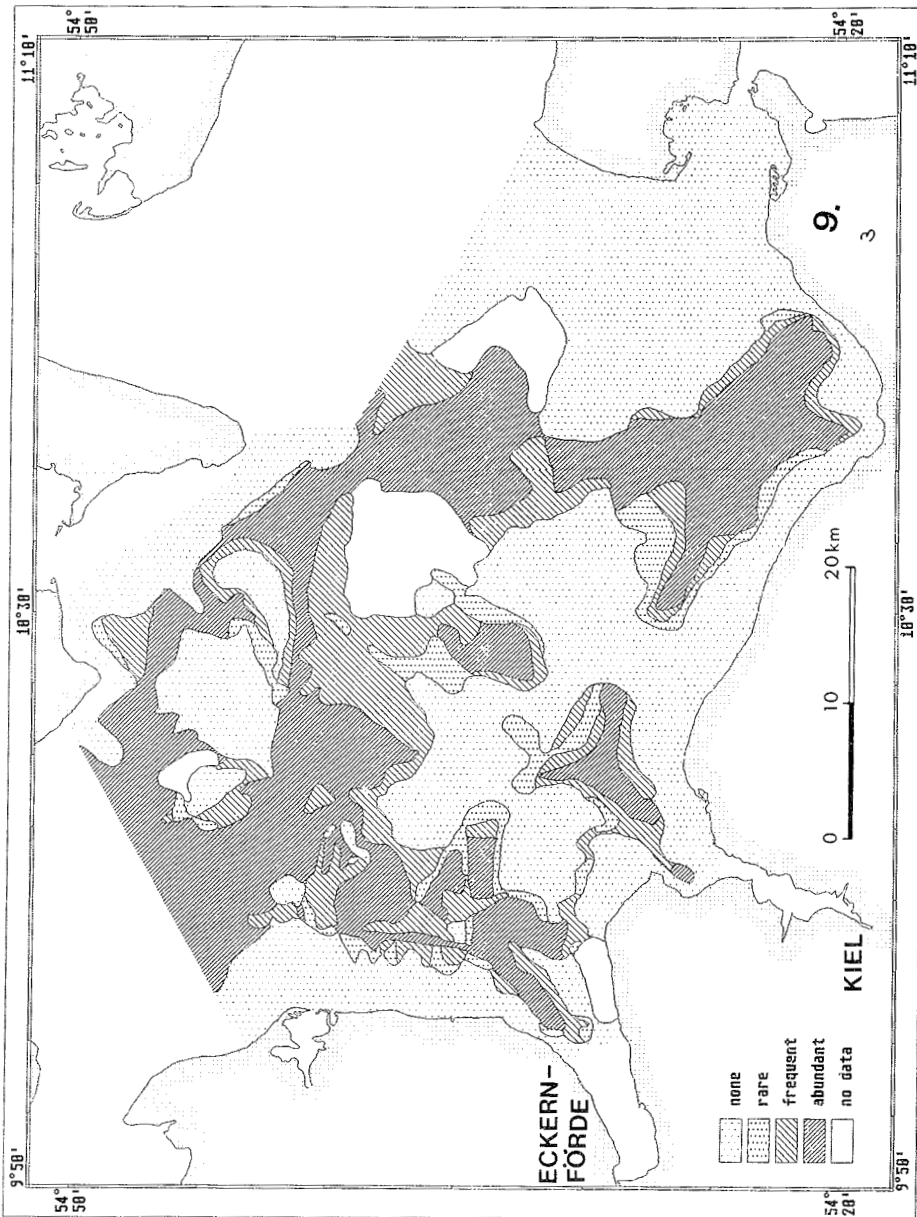


Abb. 3: Karte der Verteilungsdichte von Scherbrettspuren in der Kieler Bucht (KROST et al., 1990).

Kapitän Ohl und der Besatzung des Forschungskutters LITTORINA, mit dem der größte Teil der umfangreichen Arbeiten auf See durchgeführt wurde, gilt unser besonderer Dank für ihre große Hilfe und konstruktive Zusammenarbeit. Für weitere Schiffseinsätze danken wir Kapitän Sichau und Besatzung von F.K. ALKOR sowie Kapitän Andresen und Besatzung von F. S. POSEIDON. Für gute Zusammenarbeit, Diskussionen und apparative Unterstützung danken wir Dr. H. Rumohr,

Dipl.-Biol. P. Krost, und J. Maurer, IfM Kiel. Dr. K.-H. Runte, Geol.-Pal. Inst. Kiel. Dr. U. Hentschke, Inst. f. Angew. Physik, Kiel, danken wir für Durchführung der Suspensionsmessungen im Zweischiiff-Experiment.

H. Beese, Th. Schott und E. Steen unterstützten uns mit Betreuung der Sonargeräte und in vielerlei technischer Hinsicht, wofür wir ebenfalls herzlich danken. Unterstützung bei See-Einsätzen verdanken wir ferner Th. Kollatschni und der Wissenschaftlichen Tauchgruppe der Universität Kiel. Bei den Laborarbeiten halfen Frau S. Holstein u. Frau W. Rehder sowie cand. geol. D. Dethleff, B. Köhler und J. Thienemann. L. Kullander, Chalmers Universität Göteborg, gilt unser Dank für die technische Durchführung des SEA OWL-Einsatzes, Frau U. Schwarz vom selben Institut für weitere Hilfe hierbei.

Die Arbeiten wurden finanziell unterstützt vom Bundesminister für Forschung und Technologie, Bonn, Förderkennzeichen MFG 00686.

Für die Untersuchung des Sedimentgefüges in den sehr wasserreichen siltigen Schlicksedimenten der Kieler bzw. Eckernförder Bucht ist nur die Methode der Radiographie geeignet (WERNER, 1968). Dazu wurden aus den Kastenreiferproben vertikal orientierte, scheibenförmige Präparate von 9 mm Dicke im Format 28 x 15 cm gefertigt.

2.3 Experiment zur Untersuchung der Prozesse während und nach Entstehung einer Scherbrettspur

Um die sedimentologisch relevanten Vorgänge während des Grundfischens zu untersuchen, wurde im November 1988 in der inneren Eckernförder Bucht ein Zweischiiff-Experiment durchgeführt. Mit F.K. "Alkor" wurde in einem als nahezu spurenfrei erkannten Gebiet der inneren Eckernförder Bucht (Fischereischutzzone) eine ca. 1 km lange Scherbrettspur erzeugt. Auf F.K. "Littorina", die im Zickzack-Kurs der F.K. "Alkor" folgte, sollte die entstehende Suspensionswolke fortlaufend mit einem 700 kHz-Sonargerät gemessen und die Spur selbst sonographisch aufgenommen werden. Leider hat die Messung mit dem Sonargerät wegen eines Gerätedefekts keine Ergebnisse gebracht. Zusätzlich wurden zur Erfassung der Suspensionswolke am Endpunkt der Schleppstrecke Attenuationsmessungen mit einer Trübungsmeßsonde (Eigenentwicklung Institut f. Angewandte Physik der Universität Kiel; EISELE, 1986) vorgenommen und zur Eichung Proben aus der Suspension entnommen. Diese Messungen konnten aus technischen Gründen allerdings erst ca. 90 min. nach Beendigung des Schleppvorgangs durchgeführt werden.

Um in der Folgezeit die Veränderungen an der frischgezogenen Scherbrettspur dokumentieren zu können, wurde an dieser eine Beobachtungs- und eine Beprobungshälfte definiert.

2.4 Direktbeobachtungen

Zur Gewinnung detaillierter Informationen über Ausbildung, Dimension und Besiedlung der Scherbrettspuren wurde die Wissenschaftliche Tauchgruppe

untersucht. In einem Forschungsprojekt, in dem die vorliegende Arbeit entstanden ist, wird dieser Problematik nachgegangen. In ihrer Gesamtheit lassen sich die einzelnen Aspekte zu der Frage bündeln, wie der Meeresboden in einem durch Grundfischerei beanspruchten Gebiet als "Deformationsmodell" verstanden werden kann. Über die in dem Projekt ebenfalls untersuchten geochemischen Aspekte der Schadstoffverteilung wird an anderer Stelle berichtet werden.

Parallel zu den hier dargestellten Untersuchungen wird der Einfluß der Grundfischerei auf das Benthos von der Arbeitsgruppe Benthosökologie am Institut für Meereskunde, Kiel, untersucht (KROST, 1990).

Die erwähnten Effekte der Sedimentumlagerung und Stoff-Remobilisierung sind streng von der Wechselwirkung mit hydrodynamischen Faktoren abhängig. Gerade in dieser Hinsicht gibt es große regionale Unterschiede innerhalb der Kieler Bucht (SEIBOLD et al., 1971; WERNER et al., 1987). In der Eckernförder Bucht, aus der die Mehrzahl des hier bearbeiteten Materials stammt, herrscht Schlicksedimentation vor (WERNER, 1968) mit gelegentlicher sommerlicher Sauerstoffarmut am Boden. In Verbindung mit Sturmweatherlagen tritt ein Strömungssystem auf, das mit entsprechenden aperiodischen Sedimentations- und Erosionseffekten am Boden verbunden ist (GEYER, 1965, KHANDRICHE et al., 1986; WERNER et al., 1987).

2 Methodik und durchgeführte Untersuchungen

2.1 Sonographische Untersuchungen

Mit dem Seitensichtsonar wurde eine Kartierung der Scherbrettspuren durchgeführt. Bei den zumeist gebräuchlichen Geräten mit 100 kHz Sonarfrequenz sind die Spuren meist ohne morphologische Details zu erkennen.

Zur detaillierten Analyse der Spuren sind dagegen hochauflösende Sonargeräte erforderlich, die mit einer Sonarfrequenz von 500 bzw. 375 kHz und entsprechend enger gebündelter Horizontalabschallung, allerdings damit auch geringerer Reichweite, arbeiten. Seit 1978 werden Sonargeräte dieser Art am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Kiel verwendet (KLEIN, Modelle 525 und 595, sowie EG&G Modell 260/272T). Über 300 Sonarprofile (zumeist mit 100 kHz Sonarfrequenz) aus den Jahren 1972 bis 1989 wurden ausgewertet.

2.2 Untersuchung des Sedimentgefüges

Zur Untersuchung der Sedimentstrukturen war die erste Voraussetzung, daß ungestörte Proben gezielt aus Scherbrettspuren entnommen werden konnten. Dazu wurde ein Reineck-Kastengreifer mit einer Videokamera ausgestattet (Taf. 1c, BERNHARD, 1989).

des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Universität Kiel eingesetzt (BERNHARD, 1989).

Mit Hilfe eines Remote Operated Vehicle (ROV), Typ SEA OWL, das von der Chalmers Universität Göteborg zur Verfügung gestellt wurde, konnte die zu dieser Zeit 3 Monate alte Spur des Schleppexperiments im Februar 1989 gezielt untersucht werden. Das Gerät wurde auch zur Beobachtung in einem dicht befischten Spurenfeld der Eckernförder Bucht eingesetzt.

3 Ergebnisse

3.1 Verbreitung der Grundfischereispuren

Die Frage nach der Bedeutung der Störungen des Meeresbodenprofils durch die Fischerei-Scherbretter ist zunächst die nach ihrer Verbreitung in der Fläche. Deshalb stand die flächenmäßige Aufnahme der Störungen am Beginn der Untersuchungen.

Auf 65 % der Fläche der Kieler Bucht konnten Scherbrettspuren nachgewiesen werden. Aus der Kartierung lassen sich außerdem folgende Ergebnisse ableiten:

1) Die Verteilungsdichte der Scherbrettspuren steigt mit zunehmender Wassertiefe und abnehmendem mechanischen Widerstand der Sedimente an. Die maximalen Verteilungsdichten findet man deshalb auf Schlickböden. Da jedoch die in den Sonographien zu beobachtenden Spuren auch von den technischen Randbedingungen der Aufnahmen abhängen, ist hier darauf verzichtet worden, in den Gebieten mit der häufigsten Belegungsdichte zusätzlich eine Zone mit maximaler Belegung abzutrennen. Der sonographische Charakter solcher Zonen entspricht dem in Taf. 3 wiedergegebenen Bild. Es ergibt sich aus der Anschauung, daß Meeresböden mit maximal erscheinender Belegungsdichte wie z. B. in der Nordrinne der Eckernförder Bucht zu hundert Prozent gestört sein müssen. Solche Gebiete sind mit bevorzugten Befischungstrecken identisch.

2) Die Scherbretter dringen in die Sedimente weicher Konsistenz am tiefsten ein und hinterlassen deshalb dort die deutlichsten Spuren.

3) Das Fehlen von Spuren auf schlickigem Sediment bedeutet stets fehlende oder zumindest weit zurückliegende Fischereiaktivität, da die Spuren auf Schlick längere Zeit erhalten bleiben.

4) Die Abwesenheit von Spuren auf Sand und gröberem Sediment läßt hingegen nicht zwingend auf fehlende Fischereiaktivität schließen, sondern kann in höherem Umlagerungspotential (WERNER et al. 1976; GRAFENSTEIN, 1984) und in dem höheren mechanischen Widerstand der Sedimente begründet sein. Die Scherbretter dringen höchstens einige cm ins Sediment ein und hinterlassen somit sonographisch weniger sichtbare und erhaltungsfähige Spuren.

3.2 Morphologie der Spuren

Die Frage, inwieweit der Meeresboden durch die Fischereieinflüsse gestört wird, führt nach der Diskussion ihrer regionalen Verbreitung zur Untersuchung ihrer morphologischen Ausbildung. Die Analyse der sonographischen Aufnahmen führt zur Ableitung der folgenden Spurentypen:

1) Die meisten der auf Schlickböden beobachteten Spuren sind schmal und scharf begrenzt. Sie zeigen in der 500 kHz-Sonographie einen akustischen Schatten, der sie als Furchen ausweist. Der Schatteneffekt entsteht, wenn der Einfallswinkel des Sonar-Strahl flacher als die Hangneigung in Strahlrichtung ist. Die so bestimmbare Tiefe der Furchen beträgt bis ca. 20 cm und ist deshalb den mit 100 kHz- Sonargeräten aufgenommenen Sonographien selten zu entnehmen. Die Breite der Spuren ergibt sich nach den Ausmessungen in der Sonographie als meist unter, selten wenig über 1 Meter. Da die in der "kleinen Kutterfischerei" der Kieler Bucht verwendeten Scherbretter meist um 2 m breit sind, erscheinen diese Werte auch bei Berücksichtigung eines Anstellwinkels der Scherbretter von 35°–40° als zu niedrig. Dies ist dadurch zu erklären, daß die Scherbretter in diesen Fällen nicht in voller Breite den Grund berühren, also "über Eck" gezogen werden. CADDY (1973) spricht hierbei von "running on the heel".

Beobachtungen mit der Videokamera am Kastengreifer und durch Taucher bestätigen diese Deutung durch den deutlich asymmetrisch-dreieckförmigen Querschnitt, den die Spuren dieser Breite aufweisen. Häufig wurde auch ein etwa symmetrisch-wannenförmiger Querschnitt mit verwaschenen Rändern beobachtet, was als Alterungseffekt zu deuten ist. Ein randlicher Wall konnte weder von den Tauchern noch bei den videogesteuerten Kastengreifereinsätzen, hingegen vereinzelt bei dem ROV-Einsatz beobachtet werden. Hierbei zeigte sich ferner, daß das aufgehäufelte Sediment teilweise in Form kleinerer Schollen vorliegt (Taf. 4a). Einen deutlich ausgebildeten Randwall, dessen Konturen jedoch bereits einen verwaschenen Eindruck machten, zeigte auch die im Zweischiiff-Experiment erzeugte Scherbrettspur, die zu einem Teil diesem Spurentyp angehört.

2) Breite Scherbrettspuren (Taf. 2 u. 3): Sie treten auf allen Sedimenttypen auf. Ihre Breite läßt sich besonders in der hochauflösenden Sonographie gut messen. Sie liegt bei diesem Spurentyp meist zwischen 1 und 2 m. Bei Berücksichtigung der Scherbrettgröße und des Anstellwinkels erscheint dieses Resultat realistisch. Die Tiefe der Spuren ist wesentlich geringer als die der schmalen Scherbrettspuren. Häufig ist zu beobachten, daß Spuren dieses Typs in die nachfolgend beschriebenen Hüfispuren übergehen.

3) Hüfispuren (Taf. 2, 3 u. 4b): Auf Schlickböden mit Scherbrettspuren zeigt sich in den Hochauflösungs-Sonographien stets ein großer Anteil an Spuren, die eine perlschnurartige Struktur aufweisen (s. a. KROST et al., 1990). Längliche Vertiefungen, die schräg zum Spurverlauf stehen, folgen mit sehr regelmäßigen Abständen aufeinander.

Ihr Entstehung ist wie folgt zu erklären: Wenn die durch die Kurrleinen gezogenen Scherbretter zu tief ins Sediment eindringen, wird die Zugkraft für die pflügende Verdrängung des Sediments zu hoch, das Scherbrett weicht nach oben aus und gleitet oder springt über das davor liegende, vermutlich etwas gestauchte Sediment hinweg. Nach dem Sprung folgt eine gewisse Entspannung der Kurrleine, das Scherbrett fällt wieder auf den Boden zurück, dringt dabei erneut ins Sediment ein, worauf sofort wieder Überspannung eintritt und sich der Vorgang auf rhythmische Weise wiederholt.

Daß nur Übergänge von breiten Scherbrettsuren in Hüpfspuren beobachtet werden konnten, ist bei dieser Art des Bewegungsablaufs verständlich.

In der Sonographie manifestiert sich der Anstellwinkel der Scherbretter (ca. 35°–40°) deutlich in der Orientierung der einzelnen "Hüpfer".

Auf den Videoaufnahmen mit dem ROV in der inneren Eckernförder Bucht zeigten sich die einzelnen Depressionen der teilweise auch als Hüpfspur ausgebildeten Spur des Experiments in scharfen Umrissen (Taf. 4 b). Ein Teil derselben war in unterschiedlichem Maße, bis zur Vollständigkeit, mit Landpflanzendetritus ausgefüllt.

4) Rollerspuren (Taf. 1b u. 2a): Die engständigen parallelen Striemen, die durch die an der Grundleine des Schleppnetzes befindlichen Roller oder Kugeln gebildet werden, sind in der Sonographie auf allen Sedimenttypen zu beobachten, jedoch nicht häufig, da sie durch die Scherbrettsuren leicht überprägt werden und ihrer geringen Eindringtiefe wegen relativ wenig erhaltungsfähig sind. Als entsprechend gering sind auch die von ihnen erzeugten Sedimentstörungen anzunehmen.

5) Sonstige Spuren

Die übrigen Teile des Fanggeschirrs, die Spuren erzeugen können, sind den genannten Spurtypen gegenüber hinsichtlich ihrer Verbreitung und somit in ihrer Bedeutung für die Sedimentstörung kaum nennenswert. Allenfalls das Netz selbst kann sich gelegentlich als Spur (Taf. 2a) abbilden.

Darüber hinaus finden sich aber auf verschiedenen Sedimentarten in unterschiedlicher Häufigkeit andere Spurentypen, die nicht von Fischereigeschirren stammen: Ankerspuren, Spuren von Saugbaggern und Spuren unbekannter Herkunft.

3.3 Zeitliche Entwicklung der Spuren

Zur Frage der Erhaltungsdauer von Scherbrett- und Ankerspuren wurden mehrere zwischen Januar 1984 bis Juli 1988 gewonnene Sonaraufnahmen eines Profilkurses nordwestlich des Mittelgrunds (Abb. 2) vergleichend analysiert. Die Ergebnisse hierzu lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Einzelne Scherbrettsuren sowie einige sehr markante Ankerspuren konnten über die gesamte Zeitspanne von 4 Jahren beobachtet werden. Eine Abschwächung der Spuren konnte in den Sonaraufnahmen nicht eindeutig festgestellt

werden. Solche Vergleiche sind in der Sonographie methodisch nur schwer durchzuführen, da außer der topographischen Identität auch gleiche Einstellung der für die Qualität der Aufzeichnung maßgebenden Faktoren gegeben sein muß.

3.4 Sedimentdeformation

Bei der Auswertung der video-gesteuerten Kastengreiferproben wurden unterschiedliche Arten von Deformationsstrukturen beobachtet, die durch mechanische Einwirkung der Scherbretter entstanden sind. Das ursprüngliche Schichtungsgefüge ist hierbei meist vollständig zerstört. Aus der Vielfalt der beobachteten Deformationsstrukturen, die aus 26 Kastengreiferproben mit durchschnittlich vier Vertikalschnitten zur Radiographie-Auswertung stammen, werden hier drei typische Beispiele (Taf. 5 und 6) diskutiert.

Das Beispiel in Tafel 5 a zeigt eine Probe aus der frisch gezogenen Scherbrettspur in der inneren Eckernförder Bucht. Ein deutlich deformierter Sedimentbereich von 7 cm Mächtigkeit liegt über ungestörtem Sediment, in dem Schichtungsstrukturen trotz vorhandener Bioturbation weitgehend erhalten sind. Solche von Bioturbation relativ wenig beeinflussten Sedimente sind besonders im inneren Teil der Eckernförder Bucht anzutreffen (WERNER, 1968; KHAN-DRICHE et al., 1986). Die deformierten Sedimente zeigen eine leichte Wellung der ursprünglichen Feinschichtung, teilweise starke (liegende) Faltung und eine einzelne Scholle. Die Tiefenwirkung des Scherbretts umfaßt hier also lediglich 7 cm.

Tafel 5 b zeigt das Radiographieprofil eines Kerns aus der stark befischten Nordrinne der Eckernförder Bucht in 27,5 m Wassertiefe. Von 2 bis 7,5 cm Kerntiefe ist ein stark gestörter Abschnitt mit engräumigen Wickelstrukturen erkennbar. Im oberen Teil dieses Bereichs befindet sich eine vermutlich durch die Scherbretteinwirkung zertrümmerte Muschel (*Arctica islandica*). ARNTZ & WEBER (1970) weisen auf diese Effekte hin. Unter diesem Abschnitt befindet sich ein laminiertes Sediment von ca. 3 cm Mächtigkeit, das seinerseits einem ungestörten Sediment aufliegt. Die Laminierung wird aus folgenden Gründen ebenfalls als Effekt der Sedimentdeformation gedeutet:

- Eine Entstehung derartiger Strukturen erscheint als "schmierender" Effekt von Scherbrettern mechanisch vorstellbar. Ähnliche Strukturen wurden ausschließlich in Kernen beobachtet, die aus Scherbretts Spuren stammen. In zahlreichen längeren Sedimentkernen aus den Schlickgebieten der Kieler Bucht (WERNER, 1968, 1987; WEFER & WEBER, 1987) wurden in Radiographien keine vergleichbaren Strukturen beobachtet.

- Es wäre völlig unverständlich, daß in der äußeren Eckernförder Bucht, wo abgesehen von kurzfristigen Sommerperioden stets Makrobenthos vorhanden ist, sich ein laminiertes Sediment ohne jegliche Bioturbation erhalten könnte.

Das die obersten 2 cm umfassende, ungestörte Sediment ist offensichtlich nach dem Fischereiereignis abgelagert. Die Tiefenwirkung der Störungen

beträgt demnach 8-9 cm, wobei hier ein zweiphasiger Eingriff als wahrscheinlich angenommen wird.

In Tafel 6 a ist ein Profil wiedergegeben, das ein sehr komplexes Deformationsgefüge zeigt. Man sieht wiederum Falten- und Wickelgefüge, sowie eingeschaltete, jedoch in sich selbst wieder deformierte Laminationsbereiche und Zerschuerungen. Die untersten 2 bis 3 cm können als Normalsediment betrachtet werden, so daß eine Tiefenwirkung von ca. 23 cm vorliegt. Die komplexe Natur dieser Gefüge deutet hier ebenfalls eine Mehrphasigkeit der Beanspruchung an.

Tafel 6 b gibt zum Vergleich mit den gestörten Profilen das Beispiel eines normalen Sedimentprofils mit weitgehend erhaltenem Schichtungsgefüge und geringer Bioturbation aus der weitgehend unbefischten inneren Eckernförder Bucht wieder.

3.5 Resuspension

Über den Umfang der bei der Einwirkung des Fischereigeschirrs entstehenden Suspension liegen wenig Daten vor. Dieser kann jedoch nur bei feinkörnigem Schlicksediment als nennenswert betrachtet werden. Da bis jetzt nur eine Einzelmessung vorliegt, die aus dem oben erwähnten Zweischiff-Experiment stammt, können nur Anhaltspunkte gegeben werden.

Die Attenuationsmessungen sind in Abb. 4 wiedergegeben. Die Darstellung zeigt, daß sich die entstandene Suspensionswolke zum Zeitpunkt der Messung bereits beträchtlich durch Bodenströmung verlagert hatte.

Geht man nach der zugrundeliegenden Eichkurve und dem Meßergebnis von Abb. 4 von einer mittleren Konzentration von 20 mg/l aus und stellt der (gemessenen) vertikalen Ausdehnung der Wolke von 5 m eine (geschätzte) Breite vom vierfachen Wert der Höhe (für je ein Scherbrett) gegenüber, so erhält man für eine 0,5 m breite Spur eine Sedimentschicht von ca. 1 cm, die in Suspension gegangen wäre.

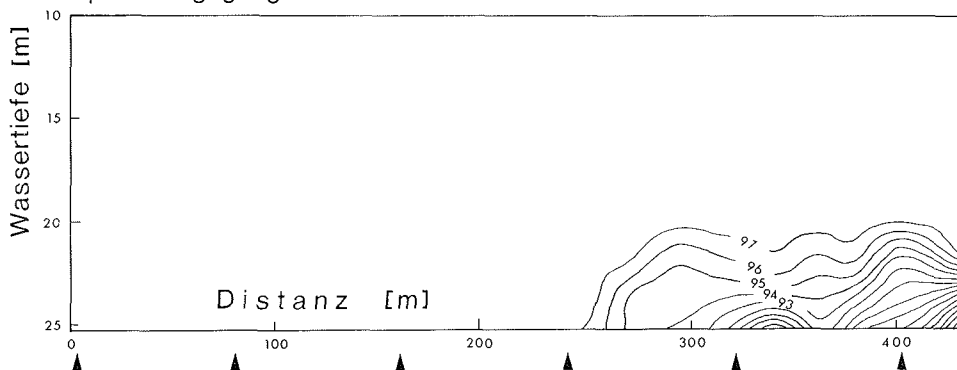


Abb. 4: Diagramm der Attenuationsmessung (Dr. U. Hentschke, Inst. f. Angew. Physik, Kiel) am Ende der im Experiment erzeugten Scherbrettspur. Die Pfeile markieren Meßpunkte in dem senkrecht zum Spurverlauf angelegten Profil. Die Linien gleicher Konzentration (in Prozent nach einer Eichkurve) sind durch Interpolation erstellt.

4 Diskussion

4.1 Störmodell

Die Art der beschriebenen mechanischen Sedimentstörungen durch die Grundfischerei legt nahe, sie in ein Modell einzuordnen. Zunächst können wir folgende drei Störbereiche unterscheiden:

- 1) Sedimentdeformation durch die Scherbretter in Analogie zur Pflugschle
- 2) Aufwerfen eines randlichen Sedimentwalls in Analogie zur Pflugscholle
- 3) Bildung einer Suspensionswolke.

Betrachtet man die Volumenbilanz der entstehenden Sedimentverlagerung, so muß gelten:

$$S_t = S_w + S_s + S_k$$

wobei S_t = der insgesamt durch das Scherbrett ausgeräumte Hohlraum, S_w = das Volumen des Randwalls, S_s = das in Suspension gegangene Sediment und S_k ein eventuell komprimierter Sedimentanteil bedeuten.

4.2 Sedimentdeformation

Nach den Beprobungsdaten kann von einer durchschnittlichen Tiefenwirkung von ca. 15 cm ausgegangen werden. Da auch in dichtbefischten Gebieten keine größeren Tiefen der Deformation beobachtet wurden als 23 cm, ergibt sich, daß offenbar auch durch eine zeitliche Mehrfachbeanspruchung durch wiederholtes Befischen keine wesentliche Vergrößerung der Tiefenwirkung erreicht wird.

Die stark deformierten Sedimentbereiche mit Faltungs- und Wickelgefügen fordern die Annahme einer vollständigen Störung der Altersabfolgen und Konzentrationsprofile. Die beobachtete Laminierung hingegen liefert eine Erklärung dafür, daß trotz der intensiven Befischung in der Vergangenheit immer wieder Profilabfolgen präsentiert werden konnten, die keine inversen Gradienten in den Oberflächenschichten aufweisen (z. B. BALZER et al., 1987).

Es liegt bisher keine Probe vor, die eindeutig aus der Depression einer Hüpfspur stammt, so daß nicht beurteilt werden kann, ob in diesen Fällen, in denen das Scherbrett mit einer verstärkten kinetischen Energie von oben nach unten in das Sediment eindringt, eine größere Tiefenwirkung erreicht wird. Es bleibt auch die Frage offen, wo sich das Sediment befindet, das in den Hohlformen der Hüpfspuren fehlt. Weder in den Sonographien noch in den ROV-Aufnahmen gibt es deutliche Hinweise auf eine Sedimenterhöhung am Rand oder zwischen den Hohlformen (Tafel 4b). Es ist deshalb anzunehmen, daß die Volumenbilanz durch eine Kompression des zwischen den Hohlformen liegenden Sedimentbereichs erreicht wird.

4.3 Randwälle

Der randliche Wall war nur bei den schmalen Scherbrettspuren deutlich zu beobachten. Trotzdem ist anzunehmen, daß er bei den breiten Scherbrettspuren ebenfalls entsteht, wenn auch entsprechend der geringeren Eindringtiefe dieser Spuren schwächer ausgebildet. Der Randwall der frisch gezogenen Scherbrettspur ließ sich volumetrisch zwar nicht genau bestimmen, Abschätzungen zeigen jedoch, daß sich darin zumindest bei den schmalen Scherbrettspuren ein beträchtlicher Anteil des verdrängten Sediments befindet. (Taf. 4a).

4.4 Suspension

Die in Kap. 3.5 angeführte Überschlagsrechnung zu der aufgewirbelten Schicht aus den Attenuationsmessungen vermag lediglich zu einer Vorstellung über die Größenordnung führen. Da zwischen der Entstehung der Suspensionswolke und der Messung bereits ca. 90 Min. verstrichen waren, ist das Ergebnis mit 1 cm Schichtdicke an Nasediment deutlich als Minimalwert zu betrachten. Immerhin kann daraus geschlossen werden, daß das in Suspension gehende Material ebenfalls einen wesentlichen Anteil der Sedimentbilanz stellen muß.

4.5 Flächenwirkung der Fischereispuren

Zumindest in den stark befischten Gebieten dürfte der Meeresboden nach einfachen Überschlagsrechnungen (Zahl der Ostsee-Fischkutter, Arbeitstage, Breite der Scherbretter usw., vgl. KROST et al., 1990) mehrfach jährlich vollständig durch Scherbretter beeinflugt sein. Da in den vergangenen Jahren die Zahl der Fischkutter abgenommen hat, besteht auch hinsichtlich der Störungen eine rückläufige Tendenz.

Eine weitere Verringerung des Effekts ist dadurch gegeben, daß sich die Scherbretter zum überwiegenden Teil "über Eck" bewegen. Die einzelnen Scherbrettspuren nehmen im Mittel somit eine geringere Fläche ein als nach der Überschlagsrechnung von KROST et al.

Vielleicht liegt darin eine weitere Teilerklärung für die Beobachtung von nicht inversen Altersprofilen in stark befischten Gebieten.

4.6 Sedimentumlagerung

Nach der oben geführten Diskussion stellt die durch das Grundgeschirr erzeugte Suspensionswolke einen nennenswerten Beitrag zur Sedimentumlagerung. Die Überschlagsrechnung aufgrund der bereits im Abbau befindlichen Suspensionswolke beträgt immerhin noch, bezogen auf die Scherbrettspur, die Substanz mehrerer Jahreslagen pro Flächeneinheit (in der Eckernförder Bucht durchschnittlich 2 mm/Jahr, BALZER et al., 1987). Eine Umverteilung über

weitere Flächen kann dann erfolgen, wenn die Aufwirbelung während hydrographischer Situationen eintritt, in denen verstärkte Bodenströmungen in der Kieler Bucht herrschen. Solche Situationen sind vielerorts in der Kieler Bucht bekannt (WERNER et al, 1987).

Die ROV-Videoaufnahmen (Taf. 4a) und die Beobachtungen durch Taucher haben gezeigt, daß nur bei sehr vereinzelt Spuren Randwälle mit scharfen Konturen vorliegen. Die neu gezogene Scherbrettspur in der inneren Eckernförder Bucht ließ andererseits an ihrem randlichen Wall bereits nach drei Monaten deutliche Abrundungen durch Erosion bzw. Sedimentation erkennen.

Daß Randwälle ausschließlich bei frischen Spuren beobachtet wurden, legt nahe, daß sie im Vergleich zu den als Hohlformen vorliegenden Teilen der Spuren bevorzugt erodiert werden.

Verschiedene Arbeiten der vergangenen Jahre belegen erhebliche Strömungseffekte bei Sturmweatherlagen am Meeresboden der Eckernförder Bucht (WERNER et al., 1968, KHANDRICHE et al., 1986). Daß selbst in der inneren Eckernförder Bucht zeitweise beträchtliche Bodenströmungen herrschen, zeigen auch die in den Hüpfspuren angereicherten Pflanzenreste, die zweifellos aus einem größeren Einzugsgebiet stammen müssen.

Während die Suspensionswolken entsprechend der Fischerei- Aktivitäten weitgehend unabhängig vom Wettergeschehen, jedoch mit Ausnahme von Sturmsituationen, erzeugt werden, ist anzunehmen, daß die Randwälle eher bei Sturmweatherlagen abgebaut werden, die relativ starke Bodenströmungen induzieren. Die Suspensionswolken werden somit vorwiegend lokal resedimentieren, während das Material der Randwälle mit den Strömungen weiter verbreitet wird.

5 Schlußfolgerungen

Durch die Grundfischerei mit Scherbrettern ist der Meeresboden der Kieler Bucht insbesondere im Bereich der Schlicksedimentation in hohem Maße gestört.

Das hierbei aufgearbeitete Sediment läßt sich aufteilen in einen durch die Scherbretter aufgeworfenen Randwall, eine Suspensionswolke und einen durch mechanische Wirkung der Scherbretter deformierten Sedimentanteil.

Die Flächenwirkung der Scherbretter während des Fischens ist dadurch geringer als erwartet, daß diese in erheblichem Maße entweder "über Eck" gezogen werden oder sich z.T. hüpfend fortbewegen.

Die festgestellte maximale Tiefenwirkung der Scherbretter beträgt 23 cm, wobei das Sediment verfaltet, zerschert oder schmierend-laminiert verformt wird.

Ungestört erscheinende Altersabfolgen in stark befischten Gebieten sind durch diese laminierte Verformung zu erklären.

Die Ausbreitung der während des Fischens entstehenden Suspensionswolke ist entsprechend den normalerweise ruhigen Sedimentationsbedingungen meist lokal begrenzt. Der Randwall hingegen wird bei starken Bodenstromereignissen bevorzugt erodiert. Das hierbei erodierte Material wird deshalb über größere Entfernungen verfrachtet.

Die Hohlformen der Fischereispuren bilden Sedimentfallen für über den Boden treffendes Material, z. B. Pflanzendetritus.

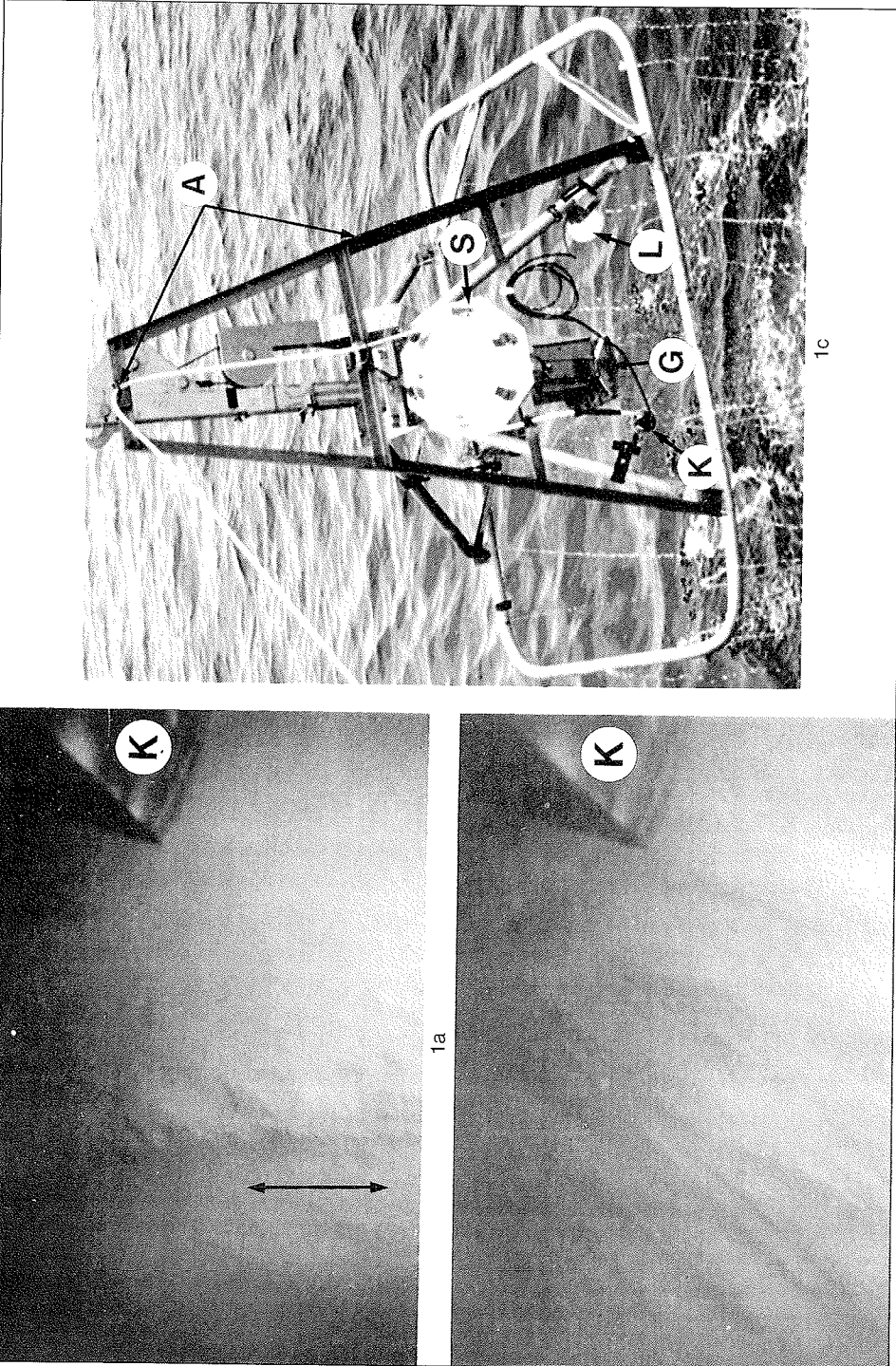
Literatur

- ARNTZ, W.E. & WEBER, W. (1970): *Cyprina islandica* L. (Mollusca, Bivalvia) als Nahrung für Dorsch und Kliesche in der Kieler Bucht.- Ber. Dt. Wiss. Komm. Meeresforsch. **21**, H. 1-4: 193-209.
- BALZER, W., ERLLENKEUSER, H., HARTMANN, M., MÜLLER, P.J. & POLLEHNE, F. (1987): Diagenesis and Exchange Processes at the Benthic Boundary.- In: Seawater - Sediment Interaction in Coastal Waters, an Interdisciplinary Approach., Rumohr, J., Walger, E. & Zeitzschel, B. (eds.), Springer-Verlag: 162-262.
- BERNHARD, M. (1989): Sedimentologische Beeinflussung der Oberflächensedimente durch Grundfischerei in der Kieler Bucht.- Unveröff. Dipl.- Arbeit, Geol.- Pal. Inst. Univ. Kiel, 41 S.
- CADDY, J.F. (1973): Underwater Observations on Tracks of Dredges and Trawls and some Effects of Dredging on a Scallop Ground.- J. Fish. Res. Board Can., **30**: 173-180.
- DE GROOT, S.J. (1984): The Impact of Bottom Trawling on Benthic Fauna of the North Sea.- Ocean Management, **9**: 177-190.
- EISELE, R. (1986): Eine optische Transmissions-Meßanordnung für stark getrübe Küstengewässer.- Unveröffent. Diplom -Arbeit, Inst. f. Angewandte Physik, Univ. Kiel, 74 S.
- FLODERUS, S. (1989): The Effect of Sediment Resuspension on Nitrogen Cycling in Kattegat - Variability in Organic Matter Transport.- UNGI Rapport Nr. 71, Uppsala University, Department of Physical Geography.
- GEYER, D. (1965): Eigenschwingungen und Erneuerung des Wassers in der Eckernförder Bucht unter besonderer Berücksichtigung der Sturmflut vom 5.-6. Dezember 1961.- Kieler Meeresforsch., **21**: 33-54.
- GRAFENSTEIN, U. v. (1984): Zur Aussagekraft von Oszillationsrippeln: Ereignisbezogene sedimentologische Untersuchungen in Gebieten mit unterschiedlichen Seegangsspektren in Nord- und Ostsee.- Diss. Geol.-Pal. Inst. Univ. Kiel, 96 S..
- GRAHAM, M. (1955): Effects of Trawling on Animals of the Seabed. - Deep-Sea Res. Suppl. **3**: 1-6.
- KHANDRICHE, A.; WERNER, F.; ERLLENKEUSER, H. (1986): Auswirkungen der Oststürme vom Winter 1978/79 auf die Sedimentation im Schlickbereich der Eckernförder Bucht (Westliche Ostsee).- Meyniana **38**: 125-152.
- KROST, P.; BERNHARD, M.; WERNER, F.; HUKRIEDE, W. 1990: Otter Trawl Tracks in Kiel Bay (Western Baltic) mapped bei Side-Scan Sonar.- Meeresforsch., **32**: 344-353.
- SEIBOLD, E.; EXON, N.; HARTMANN, M.; KÖGLER, F.-C.; KRUMM, H.; LUTZE, G.F.; NEWTON, R.F.; WERNER, F. (1971): Marine Geology of Kiel Bay.- Sedimentology of Parts of Central Europe.- Guidebook, VIIIth Internat. Sedimentol. Congr. 1971: 209-235; Frankfurt a. M.
- TAIT, R. V. (1981): Meeresökologie. Das Meer als Umwelt.- Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 305 S.
- WEFER, G. & WEBER, W. (1987): Abbildung von Sauerstoffmangel und Nährstoffsituation im Sediment.- Forschungsbericht Wasser 102 04 215, Umweltbundesamt Berlin. (unveröff. Ms).

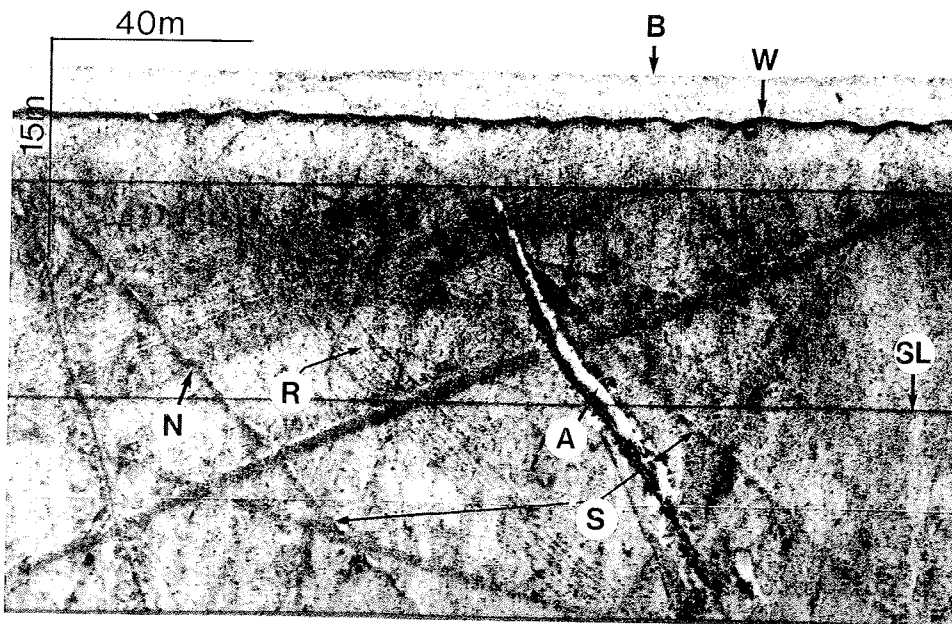
- WERNER, F. (1968): Gefügeanalyse feingeschichteter Sedimente der Eckernförder Bucht (westliche Ostsee).- *Meyniana*, **18**: 83-90.
- WERNER, F.; ALTENKIRCH, J.; NEWTON, R.S.; SEIBOLD, E. (1976): Sediment Patterns and their Temporal Variation on Abrasion Ridges in Moderate Flow Regime (Stoller Grund, Western Baltic).- *Meyniana*, **28**: 95-105.
- WERNER, F., MC LEAN, S., GRAFENSTEIN, U. V.; ERLLENKEUSER, H.; SARNTHEIN, M.; SCHAUER, U.; UNSÖLD, G.; WALGER, E. (1987): Sedimentary Records of Benthic Processes.- In: *Seawater - Sediment Interaction in Coastal Waters, an Interdisciplinary Approach*. Rumohr, J., Walger, E. & Zeitzschel, B. (eds.), Springer - Verlag, pp. 162-262.

Manuskript eingegangen am 8. 2. 1990

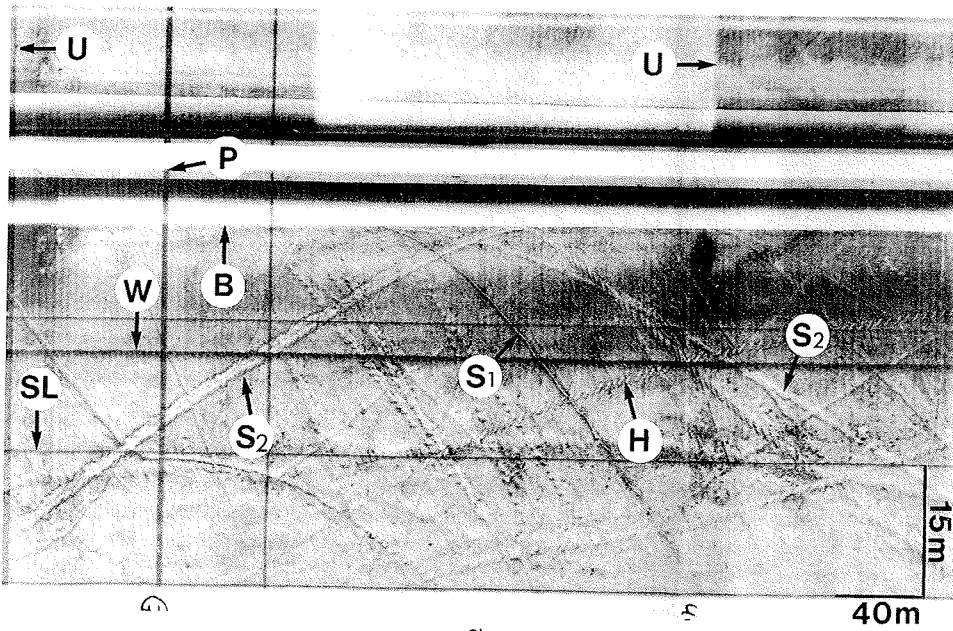
- Tafel 1a: Videoaufnahme einer älteren Scherbrettspur (K=Stechkasten des Kastengreifers; der Pfeil markiert die Richtung der Spur)
- Tafel 1b: Videoaufnahme von Rollerspuren (K=Kastengreifer)
- Tafel 1c: Kastengreifer mit Unterwasser-Videoeinrichtung (L=Scheinwerfer, S=Sicherheitsvorrichtung für Unterwasserkabel, A=Abhaltevorrückung für Unterwasserkabel, G=Stechkasten, K=Kamera)



- Tafel 2a: Seitensichtsonar Profil nördlich des Gabelsflach, Wassertiefe: 18m, SL= Skalenlinie, W=Wasseroberfläche, B=Meeresboden, R=Rollerspur, S=Scherbrettspur, A=Ankerspur, N=Begrenzung der Bodenberührung des Netzes (dunkler Bereich oberhalb des Netzes), Position siehe Abb.2
- Tafel 2b: Seitensichtsonar Profil aus der Nordrinne der Eckernförder Bucht, Wassertiefe: 24,5m, (P=Positionsmarke, SL=Skalenlinie, W=Wasseroberfläche, B=Meeresboden, U=Effekt durch Veränderung der Geräteeinstellung, H=Hüpfspur, S1=schmale Scherbrettspur, S2=breite Scherbrettspur), Position siehe Abb.2

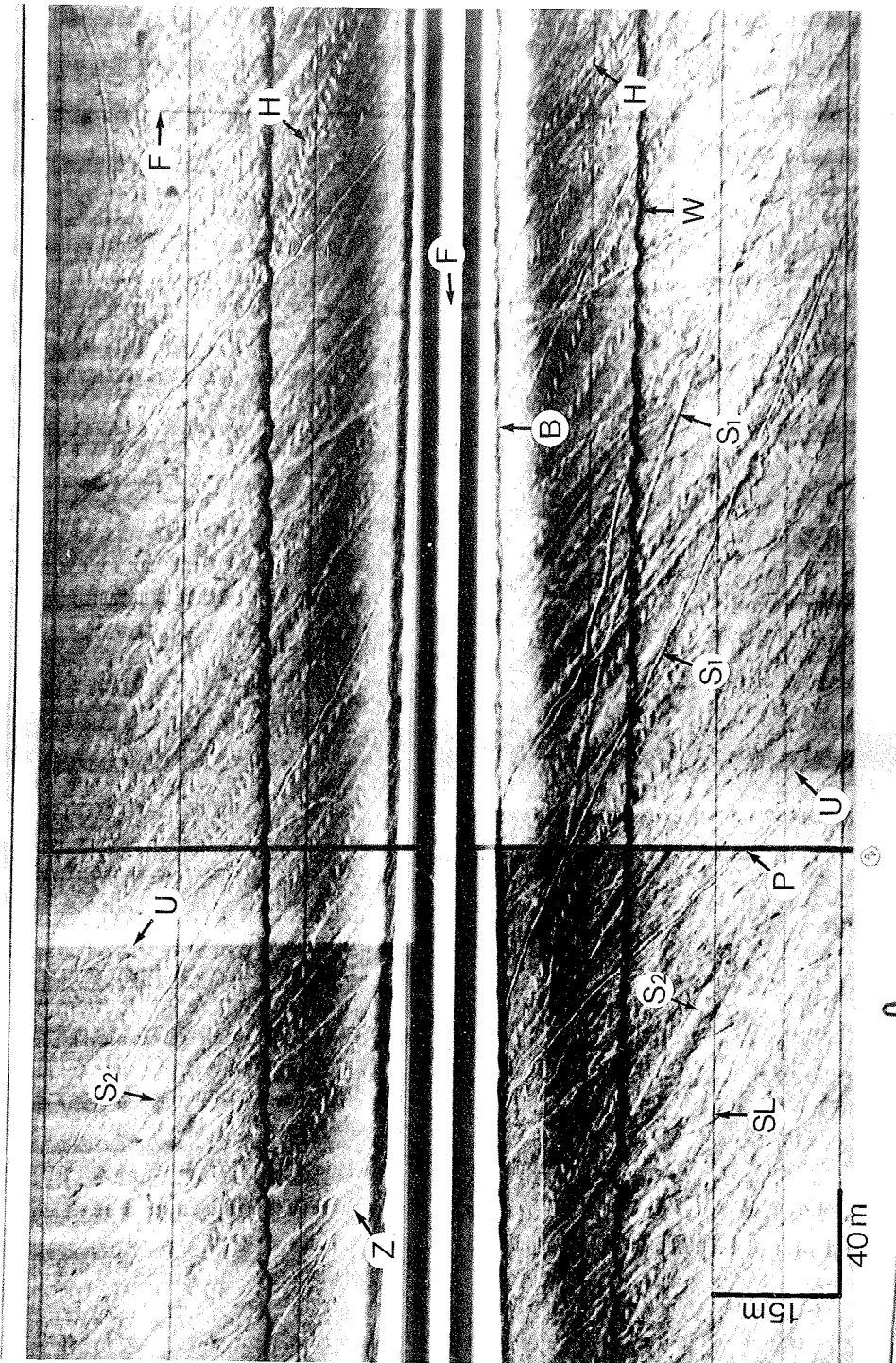


2a

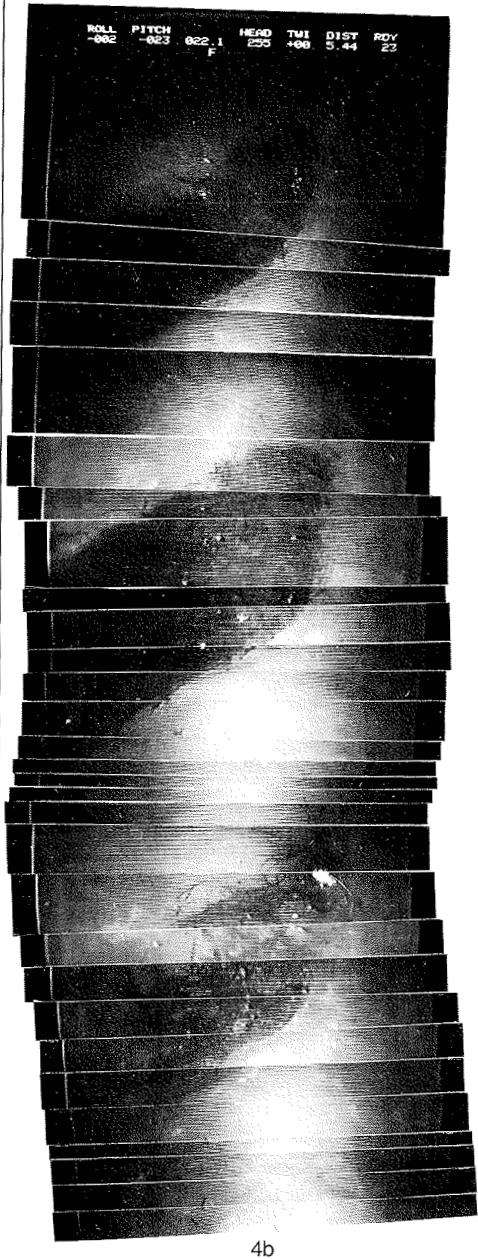


2b

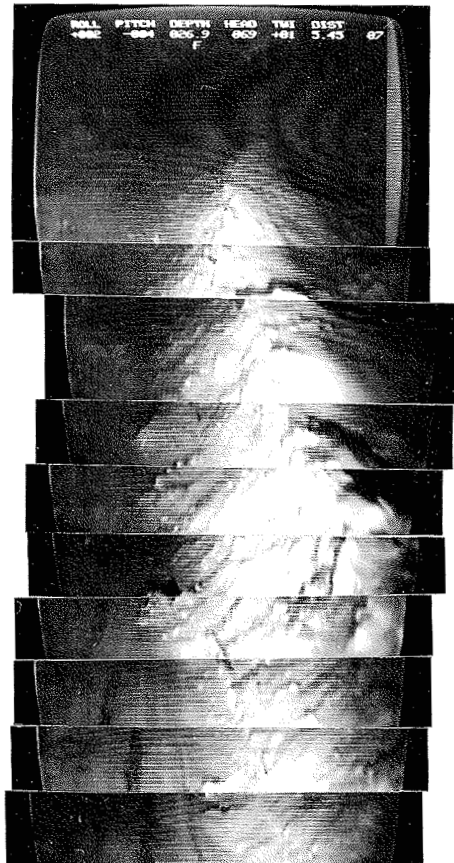
Tafel 3: Seitensichtsonar Profil aus der Nordrinne der Eckernförder Bucht, Wassertiefe: 25m, (P=Positionsmarke, SL=Skalenlinie, W=Wasseroberfläche, B=Meeresboden, U=Effekt durch Veränderung der Geräteeinstellung, F=Knick im Papier, Z=Verzerrung durch Seegang, H=Hüpfspur, S1=schmale Scherbrettspur, S2=breite Scherbrettspur), Position siehe Abb.2



- Tafel 4a: Videomosaik aus ROV-Aufnahmen vom randlichen Wall einer schmalen Scherbrettspur in der äußeren Eckernförder Bucht
- Tafel 4b: Videomosaik einer Hüpfspur der von F.K. "Alkor" im November 1988 gezogenen Scherbrettspur in der inneren Eckernförder Bucht



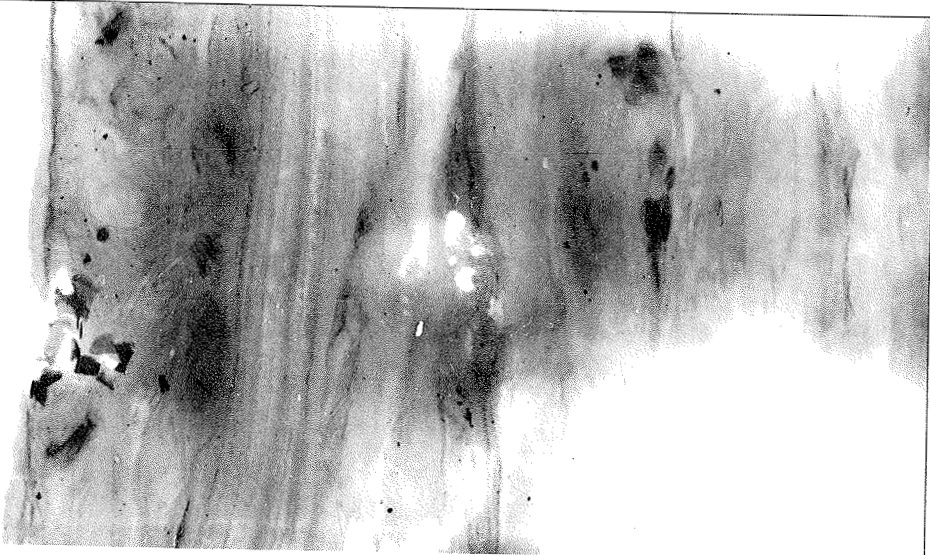
4b



4a

- Tafel 5a: Radiographie aus der frischen Scherbrettspur aus der inneren Eckernförder Bucht (Wassertiefe 24,5 m), Kern-Nr. 13 134-1 (A3), Position siehe Abb.2; Bildbreite: 15 cm.
- Tafel 5b: Radiographie aus einer Scherbrettspur der Nordrinne der Eckernförder Bucht (Wassertiefe 27,5 m), Kern-Nr. 13 116-2 (A1), Position siehe Abb.2; Bildbreite: 15 cm.

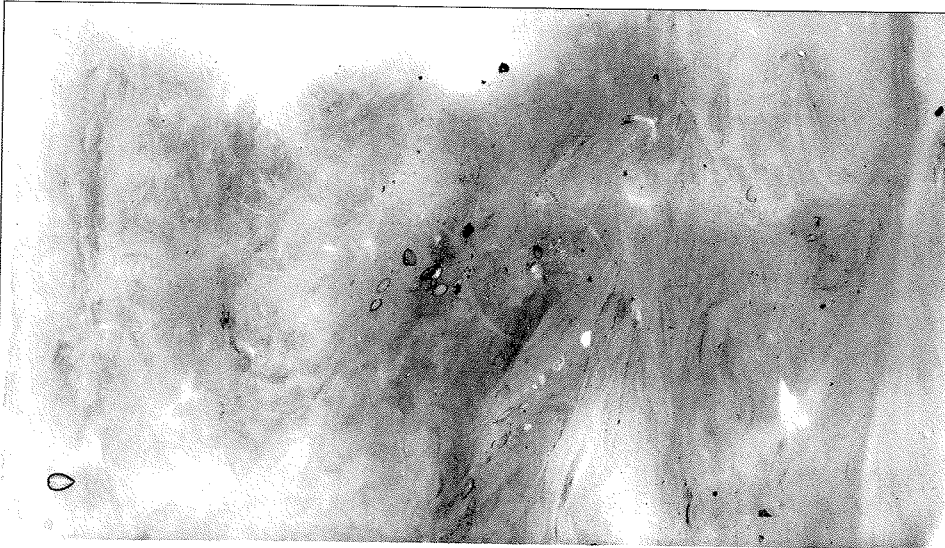
5b



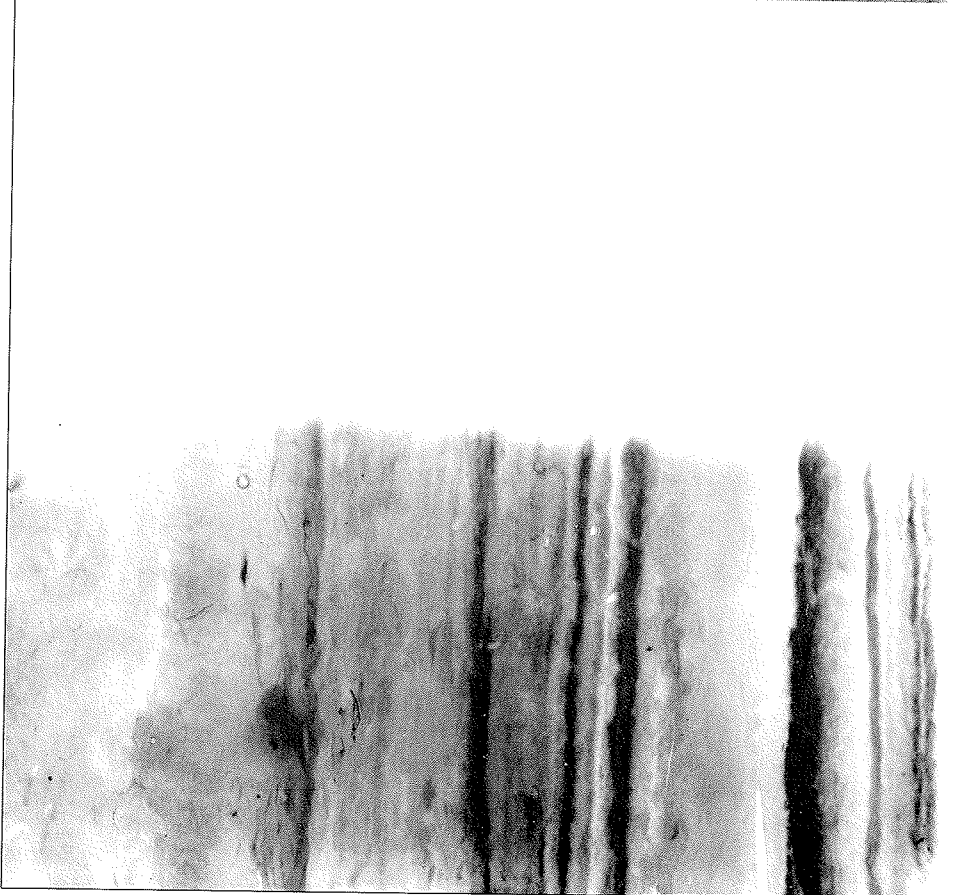
5a



- Tafel 6a: Radiographie aus dem Rand einer Scherbrettspur aus der Eckernförder Bucht (Wassertiefe 27,5 m), Kern-Nr. 16 548-4 (A2), Position siehe Abb.2; Bildbreite: 15 cm.
- Tafel 6b: Radiographie aus unbefischtem Gebiet der inneren Eckernförder Bucht (Wassertiefe 26 m), Kern-Nr. 16 595-1 (B1), Position siehe Abb.2; Bildbreite: 15 cm.



6b



6a